

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
31. Januar 2002 (31.01.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/08793 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G01V 3/08, A61B 5/06, G01B 7/004

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH01/00431

(22) Internationales Anmeldedatum:  
10. Juli 2001 (10.07.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
1475/00 26. Juli 2000 (26.07.2000) CH

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): MEDNETIX AG [CH/CH]; Schösslistrasse 12, CH-5408 Ennetbaden (CH).

(72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SEILER, Paul, G. [DE/CH]; Hauptstrasse 39, CH-5234 Villigen (CH). MUENCH, Ralph, K. [CH/CH]; Mitteldorf 9, CH-8108 Oberflachs (CH). KIRSCH, Stefan [DE/DE]; Steinatalstrasse 3, 79787 Lauchringen (DE).

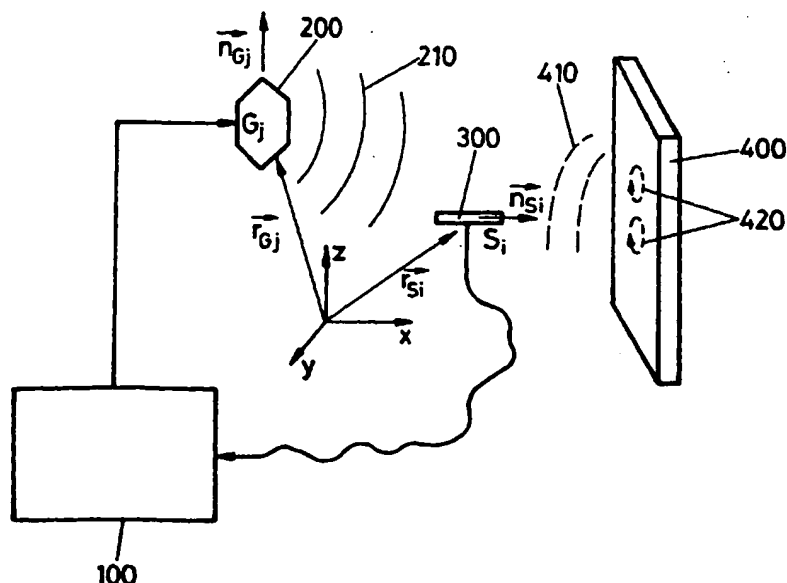
(74) Anwalt: RIGLING, Peter; Patentanwaltsbüro, Troesch Scheidegger Werner AG, Schwäntenmos 14, CH-8126 Zuzikon (CH).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE POSITION OF A SENSOR ELEMENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER POSITION EINES SENSORELEMENTES



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the position of a sensor element (300), according to which a magnetic alternating field (210) emitted by at least one field generating unit (200) is measured. The position of the sensor element (300) is determined on the basis of a signal received in the sensor element (300). The inventive method is further characterized in that interference fields (410) are calculated, preferably to a first approximation, said interference fields being caused by eddy currents (420) produced in electrically conductive objects (400). The position that can be determined on the basis of the signal received in the sensor element (300) is corrected on the basis of the calculated interference fields (410).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/08793 A1



SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU,  
ZA, ZW.

**Veröffentlicht:**

--- mit internationalem Recherchenbericht

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft zunächst ein Verfahren zur Bestimmung der Position eines Sensorelementes (300), mit Hilfe dessen ein von mindestens einer Feldgeneratoreinheit (200) ausgesendetes magnetisches Wechselfeld (210) gemessen wird, wobei aufgrund eines im Sensorelement (300) empfangenen Signals die Position des Sensorelementes (300) bestimmt wird. Erfindungsgemäss ist vorgesehen, dass, vorzugsweise in erster Näherung, Störfelder (410) berechnet werden, welche aufgrund von in elektrisch leitenden Objekten (400) erzeugten Wirbelströmen (420) entstehen. Des weiteren ist vorgesehen, dass die Position, welche ausgehend vom im Sensorelement (300) empfangenen Signal bestimmbar ist, aufgrund der berechneten Störfelder (410) korrigiert wird.

- 1 -

**Verfahren zur Bestimmung der Position eines Sensorelementes**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem  
5 Oberbegriff des Patentanspruchs 1, eine Anwendung des  
Verfahrens, eine Vorrichtung zur Durchführung des  
Verfahrens sowie ein Computerprogrammprodukt.

Bei zahlreichen technischen und medizinischen Verfahren ist  
10 die genaue Kenntnis der Position eines bestimmten  
Gegenstandes von entscheidender Bedeutung. Währenddem in  
der Medizin die Position von einzelnen Gewebeteilen -  
beispielsweise eines Tumors, der zur Zerstörung oder zur  
Wachstumsbegrenzung bestrahlt werden soll - bestimmt werden  
15 muss, ist die Positionserfassung zur Eingabe in ein  
Computersystem, beispielsweise für „Cyber Space“-  
Anwendungen, von allgemeiner Bedeutung. Eine solche  
Positionserfassungs- bzw. Positionseingabeeinheit wird in  
diesen Anwendungen auch etwa als dreidimensionale Maus  
20 bezeichnet.

Eine bekannte Vorrichtung bzw. ein bekanntes Verfahren zur  
Bestimmung der Position ist in der internationalen  
Patentanmeldung mit der Veröffentlichungsnummer WO 97/36192  
25 der gleichen Anmelderin beschrieben. Gemäss der bekannten  
Lehre ist es vorgesehen, ein Wechselfeld mit Hilfe einer  
Feldgeneratoreinheit aufzubauen, wobei je nach der Anzahl  
Freiheitsgrade eines Sensorelementes, dessen Position  
bestimmt werden soll, mehrere Wechselfelder einander  
30 überlagert werden. Mit Hilfe einer Verarbeitungs- und  
Steuereinheit, welche die Feldgeneratoreinheit einerseits  
steuert, andererseits die vom Sensorelement empfangenen  
Signale verarbeitet, wird die Position und gegebenenfalls

- 2 -

die Lage der Sensoreinheit bestimmt. Der Inhalt der vorstehend genannten Veröffentlichung bildet diesbezüglich integrierender Bestandteil dieser Beschreibung.

- 5 Es hat sich gezeigt, dass bei einer magnetfeldbasierten Ortung, wie sie beispielsweise bei der bekannten Lehre gemäss WO 97/36192 angewandt wird, in benachbarten, elektrisch leitenden Objekten Wirbelströme erzeugt werden. Diese führen zu Verzerrungen des ursprünglichen
- 10 magnetischen Wechselfeldes und damit zu systematischen Fehlern. Das bedeutet, dass, wenn Position und Ausrichtung von Sensorelementen im verzerrten Wechselfeld so bestimmt werden, als wäre kein elektrisch leitendes Objekt zugegen, die gewonnenen Werte systematisch verfälscht sind.
- 15 Ein Verfahren zur Kompensation von Störeffekten, welche durch leitende Objekte hervorgerufen werden, ist unter dem Namen „Distortion Mapping“ bekannt. Dieses Verfahren wird beispielsweise im Aufsatz mit dem Titel „Calibration of
- 20 Tracking Systems in a Surgical Environment“ (Birkfellner et. al., IEEE Trans Med Imaging, Vol. 17(5), Seiten 737 bis 742, 1998) beschrieben. Beim bekannten Verfahren wird die Position und die Orientierung eines Sensorelementes ebenfalls mit Hilfe eines Positionsmesssystems, das auf
- 25 einer magnetfeldbasierten Ortung beruht, vorgenommen, wobei zur Kompensation von Störeffekten ein zweites Positionsmesssystem vorgesehen ist, welches durch elektrisch leitende Objekte nicht beeinflussbar ist. Die Differenz zwischen den mit den beiden Positionsmesssystemen
- 30 ermittelten Positionen und Orientierungen werden in der Folge zur Korrektur der mit Hilfe des magnetfeldbasierten Positionsmesssystems bestimmten Position und Orientierung verwendet. Das bekannte Verfahren weist jedoch den Nachteil

- 3 -

auf, dass, zur Erreichung einer hohen Genauigkeit, die Positions- und Orientierungsdifferenz an möglichst vielen Punkten gemessen werden muss. Um weitere Punkte zu erhalten, muss zusätzlich ein aufwendiges

- 5 Interpolationsverfahren angewendet werden. Der sehr hohe Aufwand wird insbesondere durch das folgende Beispiel deutlich: Soll ein Volumen von  $1 \text{ m}^3$  vermessen werden, wobei dies in den drei Achsen alle 10cm und in zehn verschiedenen Orientierungswinkeln geschehen soll, so erhält man 10'000
- 10 Punkte. Darüber hinaus ist das erwähnte zweite Positionsmesssystem erforderlich.

- Des weiteren ist ein Verfahren zur Kompensation von Störeffekten bekannt, bei dem Magnetfelder durch gepulste
- 15 Gleichstromfelder erzeugt werden, wobei die Kompensation von Wirbelstromeffekten dadurch vorgenommen werden, indem Magnetfeldmessungen erst nach dem Abklingen der im Messsignal enthaltenen Wirbelstromanteile durchgeführt werden. Weiterführende Erläuterungen zum bekannten
- 20 Verfahren können den Druckschriften US-5 453 686 und US-5 767 669 entnommen werden. Es hat sich gezeigt, dass die Genauigkeit der ermittelten Resultate ungenügend ist. Insbesondere ist die Kompensation unvollständig, wenn die Zerfallszeiten der Wirbelstromanteile die Pulszeit zwischen
- 25 zwei Gleichstropulsen übersteigt. Zwar kann dem durch Verlängerung der Pulszeit begegnet werden, doch führt dies zu einer unerwünschten geringeren Messrate. Des weiteren lässt sich die bekannte Kompensationsmethode nicht bei auf magnetischer Ortung basierenden Positionsmesssystemen
- 30 anwenden, die magnetische Wechselfelder erzeugen.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, das eine verbesserte

- 4 -

Bestimmung der Position und/oder der Lage eines Sensorelementes ermöglicht.

5 Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Massnahmen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung, eine Anwendung des Verfahrens, eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens sowie ein Computerprogrammprodukt sind in weiteren Ansprüchen angegeben.

10 Mit dem erfindungsgemässen Verfahren wird es ermöglicht, den Einfluss von leitenden Objekten zu eliminieren, zumindest aber erheblich zu reduzieren. Des weiteren ist dieses Verfahren allgemeiner und genauer als die bekannten  
15 Verfahren. Schliesslich kann der geometrieabhängige Teil der Berechnungen im Sinne einer Systemkalibrierung vor dem eigentliche Einsatz des Positionsmesssystems vorgenommen werden.

20 Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Zeichnungen beispielsweise näher erläutert. Dabei zeigen

Fig. 1 eine bekannte Anordnung, bestehend aus Feldgeneratoreinheit, Sensorelement und  
25 Verarbeitungs- und Steuereinheit, in schematischer Darstellung, mit einem elektrisch leitenden Objekt,

Fig. 2 ein elektrisch leitendes Objekt und

30 Fig. 3 ein Flussdiagramm mit einigen Verfahrensschritten des erfindungsgemässen Verfahrens.

- 5 -

In Fig. 1 ist eine bekannte Anordnung, bestehend aus einer Feldgeneratoreinheit 200, einem Sensorelement 300 und einer Verarbeitungs- und Steuereinheit 100, dargestellt. Die Verarbeitungs- und Steuereinheit 100 ist jeweils über

5 Leitungen mit der Feldgeneratoreinheit 200 einerseits und dem Sensorelement 300 andererseits verbunden. Während sich die Feldgeneratoreinheit 200 vorzugsweise an einem bekannten Ort befindet - was bedeutet, dass die Koordinaten  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , inkl. der Ausrichtung im Koordinatensystem,

10 bekannt sind - kann das Sensorelement 300 beliebig bewegt werden bzw. eine beliebige Position und Orientierung einnehmen. Es wird darauf hingewiesen, dass es denkbar ist, wie bereits aus der WO 97/36192 bekannt ist, dass das Sensorelement 300 ortsfest und die Feldgeneratoreinheit 200

15 frei, d.h. im Rahmen der zur Verfügung gestellten Verbindungsleitung zur Verarbeitungs- und Steuereinheit 100, beweglich ist. Des weiteren ist auch ohne weiteres denkbar, dass die Verarbeitungs- und Steuereinheit 100 in mehreren Funktionseinheiten realisiert ist, wie zum

20 Beispiel, dass die Steuereinheit zur Steuerung der Feldgeneratoreinheit 200 in einem Funktionsblock und die Verarbeitungseinheit, in der die eigentliche Positionsrechnung der Position des Sensorelementes 300 vorgenommen wird, in einem anderen Funktionsblock

25 realisiert ist. Diese Abwandlungen von der in Fig. 1 dargestellten Anordnung haben keinen Einfluss auf die Anwendbarkeit des erfindungsgemässen Verfahrens. Das Gleiche gilt auch für Ausführungsformen, bei denen mehrere Feldgeneratoren an unterschiedlichen Stellen vorgesehen

30 sind, wie dies beispielsweise bei der Lehre gemäss WO 97/36192 der Fall ist.

Mit 400 ist in schematischer Darstellung ein elektrisch

- 6 -

leitendes Objekt stellvertretend für diejenigen Gegenstände dargestellt, welche die magnetische Ortung des Sensorelementes 300 stört, indem im Objekt 400 Wirbelströme 420 erzeugt werden, aufgrund derer ein dem Wechselfeld 210 überlagertes Störfeld 410 entsteht.

Bevor auf das erfindungsgemäße Verfahren weiter beschrieben wird, werden im folgenden zunächst allgemeine Zusammenhänge bzw. Vorgehensweisen bei der magnetfeldbasierten Ortung erläutert.

Wie bereits erwähnt wurde, wird bei der magnetfeldbasierten Ortung, welche auch etwa als magnetische Ortung bezeichnet wird, die Position und/oder Ausrichtung von einem oder mehreren Sensorelementen 300 relativ zu einem oder mehreren Feldgeneratoreinheiten 200 bestimmt. Die Position  $\vec{r}_s$  und Orientierung  $\vec{n}_s$  der Sensorelemente  $S_i$  kann durch Lösung des folgenden Gleichungssystems bestimmt werden, wenn man voraussetzt, dass Position  $\vec{r}_G$  und Orientierung  $\vec{n}_G$  der Feldgeneratoreinheiten  $G_j$  bekannt sind:

$$F_{ij} = F(\vec{r}_{S_i}, \vec{n}_{S_i}, \vec{r}_{G_j}, \vec{n}_{G_j}) \quad (1)$$

Mit  $i$  ist das  $i$ -te Sensorelement und mit  $j$  die  $j$ -te Feldgeneratoreinheit gemeint.  $F$  ist dabei eine vom Magnetfeld abhängige Messfunktion von meistens einer Komponente des Magnetfelds  $\vec{B}(x, y, z, t)$  (z.B. die induzierte Spannung in einer Senserspule).  $F$  kann natürlich auch eine Funktion von vielen zusammengebauten Sensoren in einem Sensorelement sein, welches mehrere oder alle Komponenten gleichzeitig misst.



- 7 -

Nach Art der Lösung dieses Gleichungssystems können magnetische Positionssysteme in zwei Klassen unterteilt werden:

5

I. Das Gleichungssystem wird invertiert, d.h. die Sensorelementpositionen können aus den gemessenen Magnetfeldern berechnet werden:

$$10 \quad \vec{r}_{s_i} = f_r(F_{ij}) \text{ und } \vec{n}_{s_i} = f_n(F_{ij}) \quad (2)$$

Da die Inversion des Gleichungssystems nur in sehr speziellen Fällen möglich ist, kann man durch Näherung versuchen, die Feldgleichungen in eine invertierbare Form zu bringen.

15

II. Das Gleichungssystem wird durch Optimierung gelöst, d.h. die Sensorelementpositionen werden so lange variiert, bis die nach Gleichung 1 berechneten Werte  $F_{ij}$  am besten mit den gemessenen Werten  $F_{ij}^M$  übereinstimmen. Eine mögliche Methode wäre ein Chi<sup>2</sup>-Fit nach Levenberg-Marquardt. Dabei werden die Sensorpositionen  $\vec{r}_{s_i}$  und  $\vec{n}_{s_i}$  so lange variiert bis

20

$$25 \quad \text{Chi}^2(\vec{r}_{s_i}, \vec{n}_{s_i}) = \sum_j \frac{(F_{ij} - F_{ij}^M)^2}{(\Delta F_{ij}^M)^2} \quad (3)$$

minimal wird. Für weiterführende Angaben zur Methode nach Levenberg-Marquardt wird stellvertretend auf die Druckschrift mit dem Titel „Numerical Recipies in C“ (W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling und B. P. Flannery; Cambridge university Press; 1994) verwiesen.

30

Es ist auch eine Kombination beider Lösungsansätze möglich.

Da die vom Sensorelement  $S_i$  gemessene Grösse  $F_{ij}$  nur von der  
5 relativen Lage vom Sensorelement  $S_i$  und der  
Feldgeneratoreinheit  $G_j$  abhängt, sind die Rollen von  
Sensorelement und Feldgeneratoreinheit in allen  
magnetischen Positionsmesssystemen austauschbar.

10 Werden zeitlich variierende magnetische Felder benützt, so  
erzeugen diese - wie bereits erwähnt wurde - in  
benachbarten, elektrisch leitenden Objekten 400  
Wirbelströme 420. Diese führen zu Verzerrungen des  
ursprünglichen magnetischen Wechselfeldes 210 und damit zu  
15 systematischen Fehlern bei der Positionsbestimmung. Das  
bedeutet, dass, wenn Position und Ausrichtung von  
Sensorelementen im verzerrten Wechselfeld so bestimmt  
werden, als wäre kein elektrisch leitendes Objekt 400  
zugegen, die gewonnenen Werte systematisch verfälscht sind.

20 Um das Verfahren der magnetischen Ortung auch in der  
Nachbarschaft von elektrisch leitenden Objekten 400 frei  
von durch diese hervorgerufenen Fehlern anwenden zu können,  
werden erfindungsgemäss die Wechselfeldverzerrungen und ihr  
25 Einfluss auf die Bestimmung von Sensorelementposition und  
Sensorelementausrichtung bestimmt. Damit können die  
auftretenden systematischen Fehler korrigiert werden, womit  
die Genauigkeit der Position und/oder der Ausrichtung  
erheblich verbessert werden kann.

30 Bei einer vorgegebenen Messanordnung hat man feststellen  
können, dass ein Messfehler von 4cm mit dem

- 9 -

erfindungsgemässen Verfahren auf weniger als 1,5mm reduziert werden konnte.

Grundsätzlich lassen sich diese Korrekturen auch mit Hilfe  
5 der Technik der finiten Elemente und den Gleichungen der Elektrodynamik finden. Die bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens zeichnet sich gegenüber der Methode der finiten Elemente weiter dadurch aus, dass eine massive Reduktion der Positionsberechnung erreicht wurde, da  
10 vieles im Sinne einer Systemkalibration im voraus berechnet werden kann.

Im folgenden wird das erfindungsgemässe Verfahren erläutert, wobei der Einfachheit halber zunächst davon  
15 ausgegangen wird, dass das Objekt 400 aus einer elektrisch leitenden Platte, d.h. aus einer flachen und begrenzten Fläche, besteht. Objekte 400, die in der Richtung einer gedachten Linie von der Feldgeneratoreinheit 200 zum Objekt 400 eine relevante Ausdehnung (Tiefe) besitzen, können  
20 ebenfalls mit dem erfindungsgemässen Verfahren behandelt werden. Für diesen Zweck wird die der Feldgeneratoreinheit 200 zugewandte Seite durch eine Vielflächen-Struktur angenähert. Dies ist zulässig, da die Wirbelströme 420 nur geringfügig in die Oberfläche eindringen. Die Tiefe eines  
25 dreidimensionalen Objektes 400 ist deshalb nicht relevant. Bei der mathematischen Bestimmung des Störfeldes 410 wird daher das Objekt 400 durch eine Vielflächenstruktur im vorstehend genannten Sinne angenähert.

30 Im folgenden werden Überlegungen betreffend die Berechnung von Feldverzerrungen bei einer leitende Platte dargestellt. Die daraus resultierenden Ergebnisse können analog bei allgemeineren Objektformen angestellt werden.

Befindet sich in einem zeitlich veränderlichen Magnetfeld  $\vec{B}_0(x,y,z,t)$  ein elektrisch leitendes Objekt 400, so werden Wirbelströme 410 (Fig. 1) in die Oberfläche des Objektes  
 5 400 induziert. Diese Wirbelströme 410 verursachen ein weiteres Magnetfeld  $\vec{B}'(x,y,z,t)$ , welches dem ursprünglichen Feld  $\vec{B}_0(x,y,z,t)$  überlagert ist und zu einem resultierenden Feld  $\vec{B}_{\text{Res}}(x,y,z,t)$  führt.  $\vec{B}_{\text{Res}}(x,y,z,t)$  ist gegenüber dem Feld  $\vec{B}_0(x,y,z,t)$  verzerrt. Um dieses verzerrte Feld berechnen zu  
 10 können, ist es notwendig, das induzierte Wechselfeld  $\vec{B}'(x,y,z,t)$  zu kennen. Es lässt sich aus dem Biot-Savart Gesetz der Elektrodynamik (Gleichung 4) ein Feld  $\vec{B}_1(x,y,z,t)$  berechnen, welches gut genug  $\vec{B}'(x,y,z,t)$  beschreibt, falls der örtliche und zeitliche Verlauf der Wirbelströme 410 im  
 15 Objekt 400 in  $N$  verschiedenen punktförmigen Stromelementen bekannt ist:

$$B_1(\vec{P}_R, t) = \sum_{i=0}^N \frac{\mu_0 \mu_r I_i(t)}{4\pi} \frac{\Delta \vec{s}(t) \times \vec{r}}{r^3} \quad (4)$$

20 wobei  $\vec{P}_R = (x,y,z)$  ein Punkt im Raum ist und der Vektor  $\vec{r}$  vom Stromelement zum Punkt  $\vec{P}_R$  zeigt. Vorfaktoren können, falls notwendig, eingeführt werden und/oder können im Betrag des Faktors  $\Delta s(t)$  enthalten sein. Eine detailliertere Berechnung von  $\vec{B}_1(x,y,z,t)$  durch Einführung von Längsströmen oder  
 25 Flächenströmen etc. anstatt Punktströmen ist möglich. Dadurch würde die Schreibweise von Gleichung 4 allerdings geändert werden. In den meisten Fällen kann die Gleichung 4

- 11 -

hingegen so übernommen werden, wie sie oben aufgeführt ist, falls  $N$  gross genug gewählt wird.

Die Feldverzerrungen werden also in zwei Schritten  
5 berechnet. Der erste Schritt ist die Bestimmung der Wirbelströme 410 und der zweite Schritt ist die Berechnung eines durch die Wirbelströme 410 erzeugten Störfelds  $\bar{B}_1(x,y,z,t)$ , welches gut genug das Störfeld  $\bar{B}'(x,y,z,t)$  beschreibt.

10 Fig. 2 zeigt das Objekt 400, das für die Bestimmung des Störfeldes 410 in eine Vielflächenstruktur, bestehend aus beliebig vielen Segmenten, aufgeteilt ist. Ausgehend von dieser Aufteilung und diversen weiteren Annahmen werden  
15 zunächst die Wirbelströme berechnet.

Die Wirbelströme fliessen an der Oberfläche des Objektes 400 mit einer für die Theorie "unwesentlichen" Eindringtiefe. Um das oben erwähnte Störfeld  $\bar{B}'(x,y,z,t)$   
20 hinreichend genau zu berechnen, reicht es aus, den zeitlichen Stromverlauf in einigen Punkten auf der Oberfläche des Objektes 400 zu kennen. Die Anzahl der Punkte hängt von der verlangten Genauigkeit ab. Die Wirbelströme werden also in Punkten berechnet, welche auf  
25 oder in der Nähe der Oberfläche des Objektes liegen.

In einem ersten Schritt wird das Objekt in  $N$  beliebig geformte Segmente unterteilt, die sinnvollerweise (aber nicht notwendigerweise) das ganze Objekt abdecken. Die  
30 Segmente werden nachfolgend zur eindeutigen Unterscheidung mit  $S_i\{0 \leq i \leq N-1\}$  bezeichnet, wobei  $i$  als Index verwendet wird.

In einem zweiten Schritt wird pro Segment ein Stützpunkt  $P_i$  gewählt. Es ist sinnvoll aber nicht zwingend, gleich viele Stützpunkte wie Segmente zu definieren und diese eindeutig zu den Segmenten zu zuordnen. Im folgenden wird der Einfachheit halber davon ausgegangen, dass  $N$  Segmente  $S_i$  mit je einem eindeutig zugeordneten Stützpunkt  $P_i$  definiert werden. Die Stromdichte  $\vec{i}_i(t)$  im Stützpunkt  $P_i$  eines jeden Segments  $S_i$  wird mittels der folgenden Formel berechnet:

10

$$\vec{i}_i(t) = \sum_{j=0}^N \vec{i}_j(t) \text{ mit } j < i \quad (5)$$

wobei  $\vec{i}_j(t)$  die Stromdichte des Wirbelstroms  $I_j(t)$  ist, welche durch die Flussänderung des Feldes von  $\vec{B}_0(x,y,z,t)$  im Segment  $S_i$  verursacht wird und durch den Stützpunkt  $P_i$  oder in der Umgebung des Stützpunktes  $P_i$  fließt. Die Berechnung der einzelnen Wirbelströme  $I_j(t)$  ist im nächsten Abschnitt beschrieben. Zunächst gilt:

20

$$\vec{i}_j(t) = \frac{\vec{\lambda} I_j(t)}{A_j} \quad (5a)$$

mit  $\vec{\lambda}$  als Richtungsvektor (oder eine dazu fast kolineare Richtung) der Stromlinie durch den Stützpunkt  $P_i$  im Stützpunkt  $P_i$  und mit  $A_j$  die Querschnittsfläche der Stromline ist, wobei:

25

$$A_j = \pi \cdot r^2(h) \quad (5b)$$

- 13 -

mit  $r$  = Radius der kreisrunden Querschnittsfläche;  
 $h$  = Eindringtiefe;

Sind nun die Stromdichten  $\vec{i}_i(t)$  bekannt, so ist auch

- 5  $\vec{B}_1(x,y,z,t)$  als Störfeld verursacht durch  $\vec{B}_0(x,y,z,t)$   
 berechenbar - dazu kann  $\vec{i}_i(t) \cdot A(S_i)$  direkt in die Gleichung 4  
 eingesetzt werden, wobei  $A(S_i)$  die Fläche des Segments  $S_i$   
 ist.  $\vec{B}_1(x,y,z,t)$  kann in den meisten Fällen als  $\vec{B}'(x,y,z,t)$   
 betrachtet werden. Als Effekt zweiter Ordnung kann an  
 10 dieser Stelle  $\vec{B}_1(x,y,z,t)$  als Urfeld eingesetzt werden, um  
 wiederum Wirbelströme für ein zweites Störfeld  $\vec{B}_2(x,y,z,t)$  zu  
 berechnen (Einfluss der Wirbelströme auf einander), welches  
 mit  $\vec{B}_0(x,y,z,t)$  und  $\vec{B}_1(x,y,z,t)$  überlagert ist. In zweiter  
 Näherung wäre also  $\vec{B}'(x,y,z,t)$  gleich der Summe aus  $\vec{B}_1(x,y,z,t)$   
 15 und  $\vec{B}_2(x,y,z,t)$  - diese iterative Vorgehensweise kann für  
 Effekte beliebiger Ordnung fortgesetzt werden. Es ist  
 jedoch in den meisten Anwendungen der Effekt erster Ordnung  
 hinreichend genau.

- 20 Ein einzelner Wirbelstrom  $I_j(t)$  ist eine Stromlinie, die  
 durch den Stützpunkt  $P_i$  fließt und durch die zeitliche  
 Flussänderung des Feldes durch den Stützpunkt  $P_j$  verursacht  
 wird. Um  $I_j(t)$  zu berechnen sind die Induktivität  $L_{ij}$ , sein  
 Ohm'scher Widerstand  $R_j$  und die zeitliche Flussänderung  
 25  $\frac{d\Phi_j}{dt}$  notwendig. Sind diese Größen bekannt, so ist  $I_j(t)$   
 durch die Lösung der Differentialgleichung

- 14 -

$$\frac{d\Phi_j}{dt} - L_{jj} \frac{dI_{jj}(t)}{dt} - R_{jj} I_{jj}(t) = 0 \quad (6)$$

gegeben. In vielen Fällen mag  $\vec{B}_0(x, y, z, t)$  zeitlich periodisch sein oder sogar harmonisch oszillieren, dies ist aber für  
 5 die Gültigkeit der erfindungsgemässen Methode keine Notwendigkeit.

Die Induktivität  $L_{jj}$  und der Ohm'sche Widerstand  $R_{jj}$  sind durch die geometrische Form des Wirbelstroms  $I_{jj}(t)$  gegeben  
 10 und die Flussänderung  $\frac{d\Phi_j}{dt}$  durch das Feld  $\vec{B}_0(x, y, z, t)$  an der Stelle  $P_j$  zusammen mit der Fläche des Segments  $S_j$ . In den folgenden Schritten wird zuerst die Form des Wirbelstroms beschrieben, und anschliessend daraus die Induktivität  $L_{jj}$  und der Ohm'sche Widerstand  $R_{jj}$  berechnet.

15 Man stelle sich vor, dass eine einzelne Magnetfeldlinie  $B$  durch eine kleine Fläche  $dA$  um einen Punkt  $P$  auf dem Objekt dringt. In diesem Fall wären die induzierten Stromlinien in der Nähe vom Punkt  $P$  kreisförmig und am  
 20 Rande des Objektes würden sie der Begrenzung folgen, also die Form der Umrandung des Objekts haben. Die Form eines beliebigen Wirbelstroms ist ein Strom entlang einer Höhenlinie einer Fläche, welche die Potentialgleichung

$$25 \quad \Delta\varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0 \quad (7)$$

erfüllt, wobei  $\varphi(x, y)$  das Potential darstellt. Die Randbedingungen zur eindeutigen Lösung von Gleichung 7



- 15 -

(ermitteln von  $\varphi(x,y)$ ) sind aus Figur 2 zu entnehmen  
 (nämlich  $\phi_0$  am Rand des Objektes und  $\phi_1$  im Punkt  $P_j$ ,  $\phi_0 < \phi_1$ ). Diese Potentialgleichung ist am besten numerisch zu  
 lösen. Mit der Form des Wirbelstroms und der Eindringtiefe  
 5  $h$  des Stroms in das Material ist die einzelne Stromlinie  
 als Leiterschleife mit einem ringförmigen  
 Materialquerschnitt mit dem Durchmesser der Eindringtiefe  
 betrachtbar (andere sinnvolle  
 Materialquerschnittsgeometrien sind natürlich denkbar,  
 10 ändern aber an den Berechnungen nichts wesentliches).

Der Ohm'sche Widerstand der Leiterschleife wird somit zu

$$R = \frac{l\rho}{\left(\frac{h}{2}\right)^2 \pi} \quad (8)$$

15

mit  $R$  = Ohmscher Widerstand [  $\Omega$  ]

$l$  = Länge der Leiterschleife [ m ]

$h$  = Eindringtiefe des Stroms [ m ]

$\rho$  = spezifischer elektrischer Widerstand des Materials

20 [  $\Omega\text{m}$  ]

Die Induktivität der Leiterschleife ist gegeben durch

$$L = \frac{2W}{i^2} \quad (9)$$

25

und kann numerisch berechnet werden, wobei

$$W = \int_{\text{Raum}} \frac{\bar{B}^2}{2\mu_0} dV \quad (10)$$

- 16 -

die gespeicherte Energie im vom Leiter erzeugten Magnetfeld bedeutet, falls ein Strom  $i$  im Leiter fließt. Es gibt "beliebig" viele andere Näherungsformeln, welche

5 Gleichungen (8), (9) und (10) ersetzen könnten und ähnliche Resultate liefern.

Für die Berechnung des Flusses  $\Phi_j(t)$  aus dem Feld  $\vec{B}_0(x,y,z,t)$  gilt:

10

$$\Phi_j(t) = \vec{B}_0(x,y,z,t) \cdot \vec{A}_j \quad (11)$$

wobei  $\vec{B}_0(x,y,z,t)$  das ungestörte Feld an der Stelle  $P_j$  ist und  $\vec{A}_j$  die Flächennormale des Segments  $S_j$  ist, mit dem

15 Betrag der Fläche des betreffenden Segments. Formel 11 ist eine Näherungsformel für die allgemein gültige Formel

$$\Phi_j(t) = \int_{A_j} \vec{B}_0(x,y,z,t) d\vec{A} \quad (11a)$$

und darf angewendet werden, wenn  $B$  über  $A_j$  hinreichend homogen ist (so z.B. für kleine Flächen  $A_j$ ). An dieser

20 Stelle soll erwähnt werden, dass die Fläche  $A_j$  des Segments  $S_j$  nicht in allen Fällen vollständig innerhalb der Leiterschleife  $I_j(t)$  liegt - Korrekturen könnten diesbezüglich angebracht werden, sind aber in der Regel nicht notwendig.

25

Die teilweise intensiven Berechnung der Induktivitäten  $L_{ij}$  und der Ohm'schen Widerstände  $R_{ij}$  können mittels der

Formeln (8), (9) und (10) im voraus berechnet werden, da diese allein von der Geometrie und des Materials des Objektes abhängig sind - dies im Sinne einer Systemkalibration. Einsetzen und Lösen der Formeln (4) und  
5 (5), um  $\bar{B}_1(x,y,z,t)$  zu berechnen, können zu einem anderen Zeitpunkt erfolgen, insbesondere wenn das Erregerfeld  $\bar{B}_0(x,y,z,t)$  bekannt ist. Iterationen, wie z.B. Einsetzen des Feldes  $\bar{B}_1(x,y,z,t)$  zur Berechnung eines Feldes  $\bar{B}_2(x,y,z,t)$  usw., sind möglich. Solche Iterationen könnten aber auch im  
10 voraus erfolgen, indem man sie in die Induktivitäten  $L_{ij}$  einbindet. Dies macht aber erst einen Sinn, wenn regelmässig Korrekturen höherer Ordnung benötigt werden.

In der Praxis werden bei der magnetischen Ortung Lage und  
15 Ausrichtung eines oder mehrerer Sensorelemente 300 (Fig. 1) in einem Magnetfeld bestimmt, das von einem oder mehreren Feldgeneratoreinheiten 200 erzeugt wird. In dem verwendeten Koordinatensystem ist die Position der Feldgeneratoreinheit 200 oder den Feldgeneratoreinheiten bekannt. Im Fall von  
20 magnetischen Wechselfeldern erzeugen benachbarte elektrisch leitende Objekte 400 Feldverzerrungen durch in den Objekten 400 induzierte Wirbelströme 420. Das erfindungsgemässe Verfahren zur Korrektur dieser Verzerrungen, dessen theoretische Grundlagen oben angegeben wurden, wird  
25 folgendermassen angewendet: Die Lage der elektrisch leitenden Objekte 400 im oben erwähnten Koordinatensystem ist bekannt oder wird durch Vermessung bestimmt. Die Objektkoordinaten werden in einem Computerprogramm, das zur Berechnung der Wirbelströme 420 und der daraus  
30 resultierenden Feldverzerrungen benutzt wird, derartig eingegeben, dass die in den oben angegebenen Formeln verwendeten Ortskoordinaten im durch die

- 18 -

Feldgeneratoreinheit 200 definierten Koordinatensystem definiert sind. Mit dem Computerprogramm wird dann das durch die Wirbelströme 420 erzeugte Störfeld berechnet. Bei Berücksichtigung der Wirbelströme 420 ändert sich das

5 Gleichungssystem 1 wie folgt:

$$F_{ij} = F(\vec{r}_{S_i}, \vec{n}_{S_i}, \vec{r}_{G_j}, \vec{n}_{G_j}) + \sum_{k=1}^P F'_k(\vec{r}_{S_i}, \vec{n}_{S_i}, \vec{r}_{G_j}, \vec{n}_{G_j}) \quad (12)$$

wobei  $F'_{ij}$  die durch den Wirbelströme 420 des Objektes k

10 erzeugte Störung darstellt. P ist die Anzahl der Objekte. Wie diese Korrektur angewendet wird, hängt von der Art des magnetischen Positionsmesssystems ab.

I. Bei Systemen, die auf Gleichung 2 beruhen, werden die

15 Messwerte iterativ korrigiert, d.h. man berechnet zuerst die ungestörte Lösung nach Gleichung 2. Mit der gefundenen Position des Sensorelementes 300 kann der Korrekturterm  $F'$  berechnet und von den Messungen  $F_{ij}^M$  abgezogen werden. Mit den korrigierten Messungen wird wieder eine Position

20 berechnet. Dieser Algorithmus wird fortgesetzt, bis die Variation der berechneten Positionen unter gewissen Toleranzschwellen liegen.

II. Bei Systemen, die auf Gleichung 3 beruhen, muss der

25 Lösungsalgorithmus nicht geändert werden. In der  $\chi^2$ -Summe werden anstatt des Modells zur Berechnung der wirbelstromfreien Magnetfeldes  $F_{ij}$  nach Gleichung 1 das Magnetfeld mit Wirbelstromkorrekturen nach Gleichung 12 benutzt.

30

III. Unter bestimmten Voraussetzungen kann es auch möglich sein, das Gleichungssystem 12 zu invertieren, was dann zu einer Lösung entsprechend Gleichung 2 führt.

- 5 Fig. 3 zeigt, in vereinfachter Darstellung, ein Struktogramm eines nach dem erfindungsgemässen Verfahren arbeitenden Computerprogramms. Die einzelnen Verarbeitungsschritte wurden bereits anhand der Fig. 1 und 2 ausführlich erläutert.
- 10 Das erfindungsgemässe Verfahren kann auch vorzüglich für Objekte mit Öffnungen (Löcher) angewendet werden, wobei die Anzahl  $L$  der Öffnungen beliebig sein kann. Dabei muss für die schon beschriebene Lösungsmethode zunächst die Randbedingung der Potentialgleichung (7) an den Rändern der
- 15 Öffnungen gleich dem Potential  $\phi_0$  am Rande des Objektes sein. Des weiteren kommen zu der beschriebenen Methode weitere  $N$  mal  $L$  ( $N$ =Anzahl Stützpunkte und  $L$ =Anzahl Öffnungen) Stromlinien  $I_{ik}$  hinzu, die in der Summe (5) noch zu addieren sind ( $k$  wandert von 1 bis  $L$ ).
- 20 Die zusätzlichen Wirbelstromlinien  $I_{ik}$  sind einzeln analog zu den Wirbelstromlinien  $I_{ij}$  berechenbar, d.h. Lösen der Potentialgleichung (7) für die Form des Stroms und berechnung der Induktivität und des Widerstands nach Gleichungen (8) und (9). Bei der Potentialgleichung (7) ist
- 25 allerdings zu beachten, dass die Randbedingung nicht " $\phi_1$  im Punkt  $P_j$ " lautet, sondern " $\phi_1$  am Rand der Öffnung  $k$ ". Bei grossen Öffnungen ist eventuell Formel 11a für die Berechnung des Flusses zu verwenden anstatt die Näherungsformel 11.
- 30 Einzelne Leiterschleifen können auch mit dieser Methode berechnet werden, da die vorher erwähnten Öffnungen

- 20 -

- beliebig nahe an der Umrandung der zu berechnenden Objekte ausgedehnt werden kann. Das einfachste Beispiel ist ein Kreisring, welches als Scheibe mit einer fast gleich grossen Öffnung betrachtet werden kann: In diesem Beispiel
- 5 sind die Stromlinien  $I_{1j}$  vernachlässigbar (die Stützpunkte könnten weggelassen werden) und es gibt nur ein  $I_{1k}$  dessen Form durch den Kreisring gegeben ist. Falls die Stützpunkte weggelassen werden, ist das Feld  $B_1$  durch das Linienintegral über die Gleichung 4 zu bestimmen.
- 10 Ein weiterer Aspekt besteht darin, dass Störeinflüsse von unbekannten Objekten abgeschirmt werden, indem man zwischen Feldgeneratoreinheit und Objekt eine leitende Platte vorsieht, wobei deren Grösse und Form als auch deren
- 15 Feldverzerrungen dieser Platte berücksichtigt werden, doch alle anderen elektrisch leitenden Objekte, welche sich auf der in Bezug auf die Feldgeneratoreinheit anderen Seite der Platte befinden, können wegen der Abschirmung unberücksichtigt bleiben.

20

**Patentansprüche:**

1. Verfahren zur Bestimmung der Position eines  
5 Sensorelementes (300), mit Hilfe dessen ein von mindestens  
einer Generatoreinheit (200) ausgesendetes magnetisches  
Wechselfeld (210) gemessen wird, wobei aufgrund eines im  
Sensorelement (300) empfangenen Signals die Position des  
Sensorelementes (300) bestimmt wird, dadurch  
10 gekennzeichnet,  
- dass, vorzugsweise in erster Näherung, Störfelder  
(410) berechnet werden, welche aufgrund von in  
elektrisch leitenden Objekten (400) erzeugten  
Wirbelströmen (420) entstehen, und  
15 - dass die Position, welche ausgehend vom im  
Sensorelement (300) empfangenen Signal bestimmbar ist,  
aufgrund der berechneten Störfelder (410) korrigiert  
wird.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
- dass die Wirbelströme (420) im Objekt (400), ausgehend  
vom Wechselfeld (210), berechnet werden und  
- dass die Störfelder (410), ausgehend von den  
berechneten Wirbelströme (420) berechnet werden.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass  
zur weiteren Verbesserung der Positionsbestimmung  
mindestens eine weitere Iteration durchgeführt wird, indem  
- weitere Wirbelströme im Objekt (400), ausgehend von  
30 berechneten Störfeldern (410), berechnet werden und  
- weitere Störfelder, ausgehend von den weiteren  
Wirbelströmen, berechnet werden.

- 22 -

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Position und Form der Objekte (400) bestimmt werden und dass Widerstände nach der Gleichung

5

$$R = \frac{l\rho}{\left(\frac{h}{2}\right)^2 \pi}$$

und Induktivitäten nach der Gleichung

10

$$L = \frac{2W}{i^2}$$

im Objekt (400) berechnet werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zur weiteren Verbesserung der Induktivitäten eine weitere Iteration durchgeführt wird, indem

- weitere Wirbelströme im Objekt (400), ausgehend von berechneten Störfeldern (410), berechnet werden,
- weiter Induktivitäten, ausgehend von den weiteren Wirbelströmen, bestimmt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmung der Objekte (400), die Bestimmung der Widerstände und Induktivitäten im Objekt (400) im Sinne einer Systemkalibrierung im voraus, d.h. vor den das Wechselfeld (210) berücksichtigenden Berechnungen, bestimmt werden.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der



- 23 -

Wirbelströme wie folgt vorgegangen wird:

- die Objekte (400) werden in Segmente ( $S_i$ ) und Stützstellen ( $P_i$ ) aufgeteilt;
- in den Stützpunkten ( $P_i$ ) wird die Stromdichte ( $i_i$ )  
5 bestimmt;
- aus den Wirbelströmen ( $I_{ij}$ ) werden die Stromdichten ( $i_i$ ) bestimmt.

8. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis  
10 7 für die magnetfeldorientierte Ortung bei „Cyber Space“-Anwendungen.

9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Feldgeneratoreinheit (200), mindestens ein  
15 Sensorelement (300) und eine Verarbeitungs- und Steuereinheit (100) vorgesehen sind, wobei die Feldgeneratoreinheit (200) und das Sensorelement (300) mit der Verarbeitungs- und Steuereinheit (100) verbunden sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein elektrisch leitendes Objekt zum  
20 Abschirmen der Feldgeneratoreinheit (200) vorgesehen sind.

11. Computerprogrammprodukt, das in den internen Speicher eines digitalen Computers geladen werden kann und Softwarecodeabschnitte umfasst, mit denen die Schritte  
25 gemäss den Ansprüchen 1 bis 6 ausgeführt werden, wenn das Produkt auf einem Computer läuft.

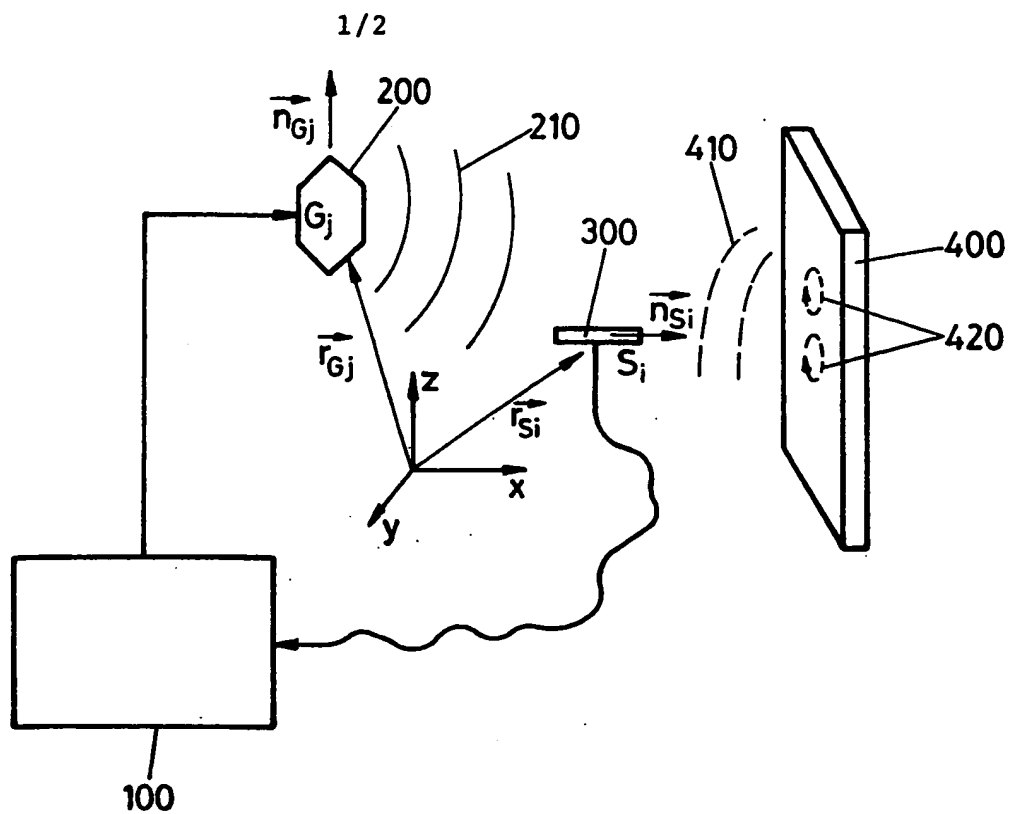


FIG.1

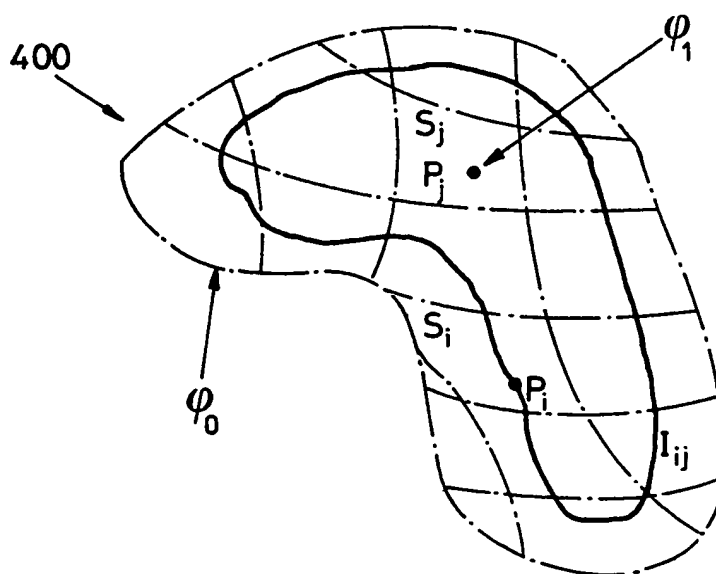


FIG.2

2/2

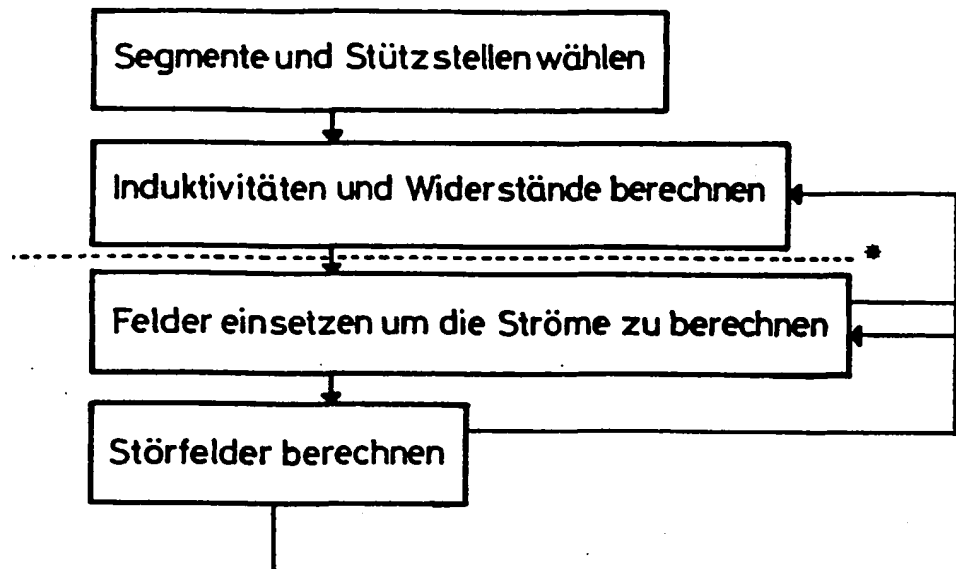


FIG. 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH 01/00431

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01V3/08 A61B5/06 G01B7/004

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01V A61B G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 993 804 A (BIOSENSE INC) 19 April 2000 (2000-04-19) page 6, line 21 - line 31	1,11
P,X	WO 01 33231 A (POLHEMUS INC) 10 May 2001 (2001-05-10) page 2, line 23 -page 4, line 8	1,11

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 October 2001

Date of mailing of the international search report

09/10/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Häusser, T

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 01/00431

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0993804	A	19-04-2000	US 6147480 A	14-11-2000
			AU 5267899 A	20-04-2000
			EP 0993804 A1	19-04-2000
			JP 2000116790 A	25-04-2000
WO 0133231	A	10-05-2001	AU 1355201 A	14-05-2001
			WO 0133231 A2	10-05-2001

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 01/00431

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 G01V3/08 A61B5/06 G01B7/004

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G01V A61B G01B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 993 804 A (BIOSENSE INC) 19. April 2000 (2000-04-19) Seite 6, Zeile 21 - Zeile 31 -----	1,11
P,X	WO 01 33231 A (POLHEMUS INC) 10. Mai 2001 (2001-05-10) Seite 2, Zeile 23 -Seite 4, Zeile 8 -----	1,11



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. Oktober 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

09/10/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Häusser, T

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 01/00431

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0993804	A	19-04-2000	US 6147480 A	14-11-2000
			AU 5267899 A	20-04-2000
			EP 0993804 A1	19-04-2000
			JP 2000116790 A	25-04-2000
WO 0133231	A	10-05-2001	AU 1355201 A	14-05-2001
			WO 0133231 A2	10-05-2001